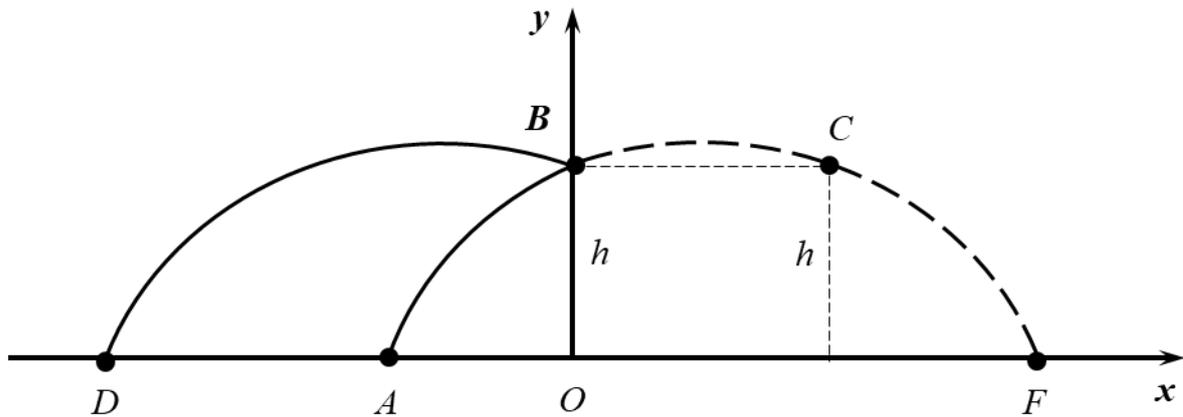


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ. 2019-2020 УЧ. ГОД.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП.  
10 КЛАСС

**Задача 1.** Тело после броска с поверхности земли через  $t_1$  отскакивает от вертикальной стенки и падает на землю ещё через время  $t_2$ . Найдите высоту точки удара.

*Возможное решение*



Из рисунка видно, что участок траектории тела  $DB$  после отскока от вертикальной стенки является отражением параболы  $BCF$ . Поэтому полное время полёта камня  $t_{\text{п}}$ :

$$t_{\text{п}} = t_1 + t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}. \quad (1)$$

Вертикальная составляющая скорости  $v_0$  при ударе о стенку не изменяется. Учитывая, что  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$  получим из уравнения (1):

$$v_{0y} = \frac{g(t_1 + t_2)}{2}. \quad (2)$$

Запишем уравнение для определения высоты  $h$ :

$$h = v_{0y}t_1 - \frac{gt_1^2}{2}. \quad (3)$$

Учитывая выражение для  $v_{0y}$  из (2) получим:

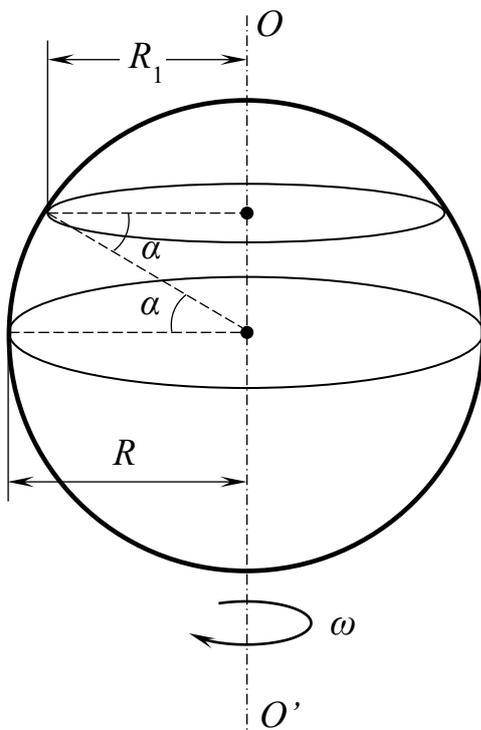
$$h = \frac{t_1 g (t_1 + t_2)}{2} - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{t_1 g (t_1 + t_2 - t_1)}{2} = \frac{gt_1 t_2}{2}. \quad (4)$$

**Критерии оценивания**

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. Приведено обоснование формулы (1)                      | <b>3 балла</b>   |
| 2. Получено выражение для скорости $v_{0y}$               | <b>2 балла</b>   |
| 3. Записана формула для высоты $h$                        | <b>3 балла</b>   |
| 4. Получено окончательное выражение для $h$ через $t_1$ и | <b>2 балла</b>   |
| <b>Максимум за задачу</b>                                 | <b>10 баллов</b> |

**Задача 2.** При какой продолжительности суток на Земле камень, лежащий на широте  $\alpha = 60^\circ$ , оторвётся от поверхности Земли? Радиус Земли  $R = 6400$  км.

**Возможное решение**



Изобразим на схеме все точки Земли, находящиеся на широте  $60^\circ$ . Все эти точки составляют окружность, радиус которой равен  $R_1$ . Из рисунка видно, что:

$$R_1 = R \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

Запишем формулу определения периода для всех точек на широте  $60^\circ$ :

$$T = \frac{2\pi R_1}{v} \quad , \quad (2)$$

где  $v$  – скорость движения точек на этой широте. Для отрыва камня необходимо, чтобы это скорость совпала с первой космической скоростью:

$$v = \sqrt{gR} \quad , \quad (3)$$

где  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Подставим выражения (1) и (3) в формулу (2) и получим

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \cdot \cos \alpha \quad . \quad (4)$$

Подставив численные значения, получим ответ:

$$T \leq 42 \text{ мин.}$$

**Критерии оценивания**

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. Приведено правильное выражение для радиуса на широте $60^\circ$ | <b>2 балла</b> |
| 2. Записана формула для периода точек на широте $60^\circ$         | <b>2 балла</b> |

3. Записана формула для первой космической скорости **3 балла**  
4. Получено окончательное выражение для  $T$  **3 балла**  
**Максимум за задачу 10 баллов**

**Задача 3.** Сферический резервуар, стоящий на земле, имеет радиус  $R$ . При какой наименьшей скорости брошенный с земли камень может перелететь через резервуар, лишь коснувшись его вершины? Под каким углом необходимо при этом бросить камень?

**Возможное решение**

В верхней точке радиус кривизны должен быть не менее  $R$ ; при этом ускорение камня равно ускорению свободного падения:

$$\frac{v_1^2}{R} = g \Rightarrow v_1 = \sqrt{gR}$$

где  $v_1$  - горизонтальная компонента скорости в верхней точке.

Чтобы камень мог подняться на высоту  $2R$  вертикальная компонента скорости должна быть достаточна для этого

$$mgh = 2mgR = \frac{mv_2^2}{2}; \quad (1)$$

$$v_2 = \sqrt{4gR} = 2\sqrt{gR}, \quad (2)$$

где  $v_2$  - вертикальная составляющая скорости в момент бросания.

Тогда модуль минимальной скорости в момент броска:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{5Rg}. \quad (3)$$

Синус угла наклона при броске должен составлять:

$$\sin \alpha = \frac{v_2}{v} = \frac{2}{\sqrt{5}}, \quad (4)$$

или косинус угла наклона:

$$\cos \alpha = \frac{v_1}{v} = \frac{1}{\sqrt{5}},$$

или тангенс угла наклона:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_2}{v_1} = 2.$$

**Критерии оценивания**

1. Приведено обоснование радиуса кривизны **2 балла**  
2. Записана формула закона сохранения энергии **2 балла**  
3. Записана формула для вертикальной составляющей  $v_2$  **2 балла**  
4. Определён модуль минимальной скорости **2 балла**

5. Получена формула для угла наклона

2 балла

**Максимум за задачу**

**10 баллов**

**Задача 4.** В калориметр с горячим чаем бросили кубик льда, имеющий температуру  $0^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура чая понизилась на  $\Delta t_1 = 12^\circ\text{C}$ . Когда в калориметр бросили другой такой же кубик льда, температура чая понизилась ещё на  $\Delta t_2 = 10^\circ\text{C}$ . На сколько понизится температура чая, если в него бросить точно такой же третий кубик? Теплоёмкостью калориметра, теплообменом с окружающей средой и примесями заварки в чае пренебречь.

**Возможное решение**

Запишем уравнение теплового баланса для первого случая:

$$cM\Delta t_1 = m\lambda + cm(t_1 - \Delta t_1),$$

где  $M$  – исходная масса чая,  $m$  – масса кубика льда,  $\lambda$  – удельная теплота плавления льда,  $c$  – удельная теплоёмкость воды,  $t_1$  – исходная температура чая. Отсюда:

$$\left(\frac{M}{m} + 1\right)\Delta t_1 = \frac{\lambda}{c} + t_1. \quad (1)$$

В случае бросания в чай второго кубика мы можем записать уравнение, аналогичное уравнению (1):

$$\left(\frac{M}{2m} + 1\right)(\Delta t_1 + \Delta t_2) = \frac{\lambda}{c} + t_1. \quad (2)$$

Исключая из (1) и (2) правые части, получим:

$$\left(\frac{M}{m} + 1\right)\Delta t_1 = \left(\frac{M}{2m} + 1\right)(\Delta t_1 + \Delta t_2),$$

откуда легко можно найти отношение масс:

$$\frac{M}{m} = \frac{2\Delta t_2}{\Delta t_1 - \Delta t_2} = 10.$$

В случае бросания в чай третьего кубика, получим:

$$\left(\frac{M}{3m} + 1\right)(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3) = \frac{\lambda}{c} + t_1. \quad (3)$$

Решая совместно уравнения (1) и (3), найдём:

$$\Delta t_3 = \frac{2}{1 + \frac{3m}{M}} \Delta t_1 - \Delta t_2 \approx 8,5^\circ\text{C}.$$

**Критерии оценивания**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Записано уравнение теплового баланса для 1-го случая | 1 балл  |
| 2. Получено уравнение (1)                               | 1 балл  |
| 3. Получено уравнение (2)                               | 2 балла |
| 4. Найдено соотношение масс                             | 2 балла |
| 5. Получено уравнения (3)                               | 2 балла |
| 6. Получен окончательный результат                      | 2 балла |

**Максимум за задачу**

**10 баллов**

**Задача 5.** Тонкая линза с некоторым фокусным расстоянием  $F_1$  создаёт прямое изображение предмета с увеличением  $\Gamma_1 = 2/3$ . Каково будет увеличение  $\Gamma_2$ , если, не меняя расстояния между предметом и линзой, заменить линзу на другую, с фокусным расстоянием  $F_2 = -F_1$ ?

**Возможное решение**

В первом случае было получено уменьшенное прямое изображение. Очевидно, что такое изображение можно получить только в рассеивающей линзе. Предмет находится между фокусом и оптическим центром, т.к. увеличение больше 1/2. В этом случае формула линзы имеет вид:

$$-\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_1}; \tag{1}$$

увеличение равно  $\Gamma_1 = \frac{f_1}{d}$ , откуда  $f_1 = d\Gamma_1$ . При замене линзы на собирающую ( $F_2 = -F_1$ ) формула линзы имеет вид:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_2}, \tag{2}$$

$$\Gamma_2 = \frac{f_2}{d}, \quad f_2 = d\Gamma_2.$$

Приравняв правые части формул линзы и учитывая минус, получим:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d\Gamma_1} = \frac{1}{d\Gamma_2} - \frac{1}{d}, \tag{3}$$

$$2 = \frac{1}{\Gamma_1} + \frac{1}{\Gamma_2}, \quad \Gamma_2 = \frac{1}{2 - \frac{1}{\Gamma_1}} = \frac{\Gamma_1}{2\Gamma_1 - 1}, \tag{4}$$

$$\Gamma_2 = \frac{2}{3\left(\frac{4}{3}-1\right)} = 2.$$

***Критерии оценивания***

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. Приведена формула для рассеивающей линзы                  | <b>2 балла</b> |
| 2. Записана формула для собирающей линзы, учетом знака $f_2$ | <b>3 балла</b> |
| 3. Записана формула (3)                                      | <b>2 балла</b> |
| 4. Получена формула (4) для $\Gamma_2$                       | <b>3 балла</b> |

***Максимум за задачу***

***10 баллов***